

✓
PAT-NO: JP407239471A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07239471 A

TITLE: REFLECTION TYPE LIQUID CRYSTAL
DISPLAY DEVICE

PUBN-DATE: September 12, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ITO, OSAMU

KONDO, KATSUMI

KIKUCHI, NAOKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06029302

APPL-DATE: February 28, 1994

INT-CL (IPC): G02F001/1335

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a reflection type color liq. crystal display device improving the colorimetric purity and lightness of a displayed color and giving a light display.

CONSTITUTION: This liq. crystal display device has a cholesteric liq. crystal layer 30 and a light absorbing layer 40 on the lower substrate 22. The liq. crystal layer 30 has been disposed under an electrode 24 when seen from the user side and the light absorbing layer 40 has been disposed under the liq.

crystal layer 30. The liq. crystal layer 30 has mutually different plural wavelength regions of characteristic reflection. The regions $Ch(n)$ are from Anm to Bnm [each of (n) and (m) is an integer of ≥ 1], In both the cases, Anm is $\geq 400nm$ and Bnm is $\leq 1,000nm$.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-239471

(43) 公開日 平成7年(1995)9月12日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/1335

識別記号

5 2 5

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平6-29302

(22) 出願日 平成6年(1994)2月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 伊東 理

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 近藤 克己

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 菊地 直樹

千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立

製作所電子デバイス事業部内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

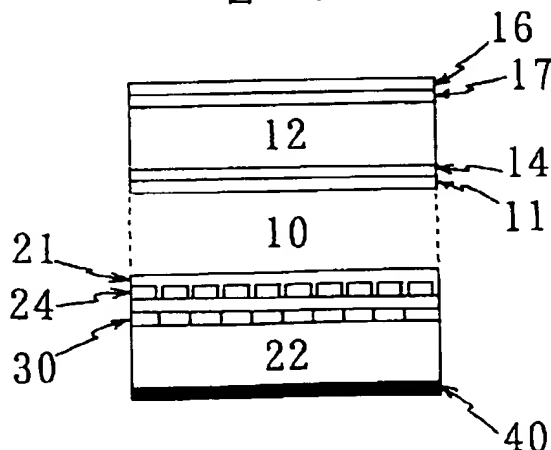
(54) 【発明の名称】 反射型液晶表示装置

(57) 【要約】

【構成】 反射型液晶表示装置の下基板22にコレステリック液晶層30と光吸収層40を備え、コレステリック液晶層は使用者側から見て電極24の下側に、光吸収層40はコレステリック液晶層の下側に配置され、コレステリック液晶層は特性反射の波長領域が互いに異なる複数の A_{nm} から B_{nm} (n, m は1、2、3…の整数)である領域を $Ch(n)$ とすると、 A_{nm} はいずれも $400nm$ 以上で、かつ、 B_{nm} はいずれも $1000nm$ 以下である反射型液晶表示装置。

【効果】 表示色の色純度と明るさが改善され、明るい表示の反射型カラー液晶表示装置が得られる。

図 5



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向して配置された上下基板と液晶層、前記液晶層に2値以上の電圧を印加する駆動部を有する電極を前記基板面に備えており、前記液晶層が前記上下基板によって挟持されている反射型液晶表示装置であって、

前記下基板にコレステリック液晶層と光吸収層を備え、前記コレステリック液晶層は使用者側から見て前記電極の下側に、前記光吸収層は前記コレステリック液晶層の下側に配置され、前記コレステリック液晶層は特性反射の波長領域が互いに異なる複数の領域を有し、特性反射の波長領域が A_{nm} から B_{nm} (n, m は1、2、3…の整数)である領域を $Ch(n)$ とすると、 A_{nm} はいずれも400nm以上で、かつ、 B_{nm} はいずれも1000nm以下であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項2】 対向して配置された上下基板と液晶層、前記液晶層に2値以上の電圧を印加する駆動部を有するXY電極を前記基板面に備えており、前記液晶層が前記上下基板によって挟持されている反射型液晶表示装置であって、

前記下基板にコレステリック液晶層と光吸収層を備え、前記コレステリック液晶層は使用者側から見て前記電極の下側に、前記光吸収層は前記コレステリック液晶層の下側に配置され、前記コレステリック液晶層は特性反射の波長領域が互いに異なる複数の領域を有し、特性反射の波長領域が A_{nm} から B_{nm} (n, m は1、2、3…の整数)である領域を $Ch(n)$ とすると、 A_{nm} はいずれも400nm以上で、かつ、 B_{nm} はいずれも1000nm以下であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項3】 対向して配置された上下基板と液晶層、前記液晶層に2値以上の電圧を印加する駆動部を有するXY電極を前記基板面に備えており、前記液晶層が前記上下基板によって挟持されている反射型液晶表示装置であって、

前記下基板にコレステリック液晶層と光吸収層を備え、前記コレステリック液晶層は使用者側から見て前記電極の下側に、前記光吸収層は前記コレステリック液晶層の下側に配置され、前記コレステリック液晶層は Ch (1)、 Ch (2)、 Ch (3)を有し、各領域の層平面に垂直に入射した光に対する特性反射の波長領域がそれぞれ $A_{11} \geq 400 \text{ nm}$ 、 $B_{11} \leq 550 \text{ nm}$ 、 $A_{21} \geq 450 \text{ nm}$ 、 $B_{21} \leq 650 \text{ nm}$ 、 $A_{31} \geq 550 \text{ nm}$ 、 $B_{31} \leq 1000 \text{ nm}$ であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項4】 対向して配置された上下基板と液晶層、前記液晶層に2値以上の電圧を印加する駆動部を有するXY電極を前記基板面に備えており、前記液晶層が前記上下基板によって挟持されている反射型液晶表示装置であって、

前記下基板にコレステリック液晶層と光吸収層を備え、前記コレステリック液晶層は使用者側から見て前記電極

2

の下側に、前記光吸収層は前記コレステリック液晶層の下側に配置され、前記コレステリック液晶層は Ch

(1)、 Ch (2)、 Ch (3)を有し、各領域の層平面に垂直に入射した光に対する特性反射の波長領域がそれぞれ $A_{11} \geq 400 \text{ nm}$ 、 $B_{11} \leq 600 \text{ nm}$ 、 $A_{21} \geq 500 \text{ nm}$ 、 $B_{21} \leq 1000 \text{ nm}$ 、 $A_{31} \geq 400 \text{ nm}$ 、 $B_{31} \leq 540 \text{ nm}$ 、 $A_{32} \geq 560 \text{ nm}$ 、 $B_{32} \leq 1000 \text{ nm}$ であることを特長とする反射型液晶表示装置。

【請求項5】 前記コレステリック液晶層の特性反射の各波長領域が表示画素に対応して設けられている請求項1、2、3または4に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項6】 前記コレステリック液晶層の複屈折が0.2以上である請求項1～5のいずれかに記載の反射型液晶表示装置。

【請求項7】 前記上基板の外側に、基板側より順に位相板、偏光板が積層されている請求項1～6のいずれかに記載の反射型液晶表示装置。

【請求項8】 前記位相板を2枚備え、上側基板側から順に位相板2、位相板1とすると、位相板2の遅相軸は上基板の配向処理方向と平行であり、位相板1の遅相軸は上基板の配向処理方向と45°をなすように設けられている請求項1～6のいずれかに記載の反射型液晶表示装置。

【請求項9】 位相板2のリタデーション(厚さ×複屈折)が25～140nmである請求項8に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項10】 偏光板の透過軸と上基板の配向処理方向がなす角が10°～35°である請求項7に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項11】 位相板1のリタデーション(厚さ×複屈折)が300～1000nmであ請求項10に記載の反射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は液晶表示装置、特にXY電極を用いて低コストで大画面高精細表示、並びに、カラー表示が可能な反射型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置は軽量、薄型、低消費電力と云う特長を有し、ワープロ、パソコン、ワークステーション等の表示装置として普及している。その中でも反射型液晶表示装置は、バックライトを必要としないため、消費電力が透過型液晶表示装置に比べて更に低く、バッテリー電源の消費が少なく、外光を利用する屋外でも使用することができる。こうした利点により、反射型液晶表示装置は今後ポータブル型OA機器用の表示装置の主流になるものと考えられる。

【0003】現在販売されているOA機器用ソフトウェアの大半はカラー表示対応であり、中にはカラー表示でなければ使用しにくいものもある。そこで反射型液晶表

50

示装置にもカラー化が求められている。しかし、現在実用化されている透過型カラー液晶表示装置のバックライトを反射板に置換えただけでは、次の様な問題が生じる。

【0004】(i) 表示の明るさの不足

(ii) 表示色の色純度の低下

上記は、透過型カラー液晶表示装置に用いられているカラーフィルタの透過スペクトルが、図12の様にガウス関数状のなだらかな分布を示すことに起因する。実際には人間の目の視感度の波長分布を考慮に入れなければならないが、表示の明るさは透過スペクトルの面積に、表示色は透過スペクトルの分布する波長領域の幅にそれぞれ対応する。また、透過スペクトルの面積を増大して表示の明るさを増そうとすると、図3中に破線で示す様に、透過スペクトルの分布波長領域は著しく増大し、表示色の色純度は著しく低下する。

【0005】(i)と(ii)はトレードオフの関係にある。これに対してS Mitsui他はSID92 DIGEST 473頁において、ゲストホストの光散乱表示にカラーフィルタを組み合わせた反射型カラー液晶表示装置を

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記の様に、表示が明るく高コントラストの反射型カラー液晶表示装置は実用化されていない。本発明は表示が明るく高コントラストで、かつ、構成が単純な反射型カラー液晶表示装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明の要旨は次のとおりである。

【0008】(1) 対向して配置された上下基板と液晶層、前記液晶層に2値以上の電圧を印加する駆動部を有する電極(またはXY電極)を前記基板面に備えており、前記液晶層が前記基板によって挟持されている液晶表示装置であって、前記下基板にコレステリック液晶層と光吸収層を備え、前記コレステリック液晶層は使用者側から見て前記電極の下側に、前記光吸収層は前記コレステリック液晶層の下側に配置し、前記コレステリック液晶層は特性反射の波長領域が互いに異なる複数の領域を有し、特性反射の波長領域が A_{nm} から B_{nm} (n, m は1、2、3…の整数)である領域を $Ch(n)$ とすると、 A_{nm} はいずれも400nm以上で、かつ、 B_{nm} はいずれ

も1000nm以下とする。

【0009】(2) 前記コレステリック液晶層は領域 $Ch(1)$ 、 $Ch(2)$ 、 $Ch(3)$ を有し、各領域の層平面に垂直に入射した光に対する特性反射の波長領域がそれぞれ $A_{11} \geq 400 \text{ nm}$ 、 $B_{11} \leq 550 \text{ nm}$ 、 $A_{21} \geq 450 \text{ nm}$ 、 $B_{21} \leq 650 \text{ nm}$ 、 $A_{31} \geq 550 \text{ nm}$ 、 $B_{31} \leq 1000 \text{ nm}$ とする。

【0010】(3) 前記コレステリック液晶層は領域 $Ch(1)$ 、 $Ch(2)$ 、 $Ch(3)$ を有し、各領域の層平面に垂直に入射した光に対する特性反射の波長領域がそれぞれ $A_{11} \geq 400 \text{ nm}$ 、 $B_{11} \leq 600 \text{ nm}$ 、 $A_{21} \geq 500 \text{ nm}$ 、 $B_{21} \leq 1000 \text{ nm}$ 、 $A_{31} \geq 400 \text{ nm}$ 、 $B_{31} \leq 540 \text{ nm}$ 、 $A_{32} \geq 560 \text{ nm}$ 、 $B_{32} \leq 1000 \text{ nm}$ とする。

【0011】(4) 前記コレステリック液晶層の各領域を表示画素に対応して設ける。

【0012】(5) 前記コレステリック液晶層の複屈折が0.2以上とする。

【0013】(6) 前記上基板の外側に、基板側より順に位相板、偏光板を積層する。

【0014】(7) 位相板を2枚備え、上側基板側から順に位相板2、位相板1とすると、位相板2の遅相軸を上側基板の配向処理方向と平行にし、位相板1の遅相軸を上側基板の配向処理方向と45°とした請求項1～5のいずれかに記載の液晶表示装置。

【0015】(8) 前記(7)において、位相板2のリタデーション(厚さ×複屈折)を25～140nmとする。

【0016】(9) 前記(6)において、偏光板の透過軸と上側基板の配向処理方向がなす角を10～35°とする。

【0017】(10) 前記(9)において、位相板1のリタデーション(厚さ×複屈折)を300～1000nmとする。

【0018】

【作用】従来の技術で述べた(i)、(ii)の問題点を解決する方法について考察する。カラーフィルタは、光の吸収または散乱を利用して特定の波長領域の光の選択的透過を行っており、この原理を用いる限り(i)と(ii)は回避できない。

【0019】そこで本発明では、コレステリック液晶層の特性反射を利用した。コレステリック液晶層は、液晶分子の平均配向方向を表すダイレクタの方位が右回りもしくは左回りに連続的に変化する層である。コレステリック液晶層はその2つの固有偏光(楕円偏光)の内、自身のねじれ方向と回転方向が等しく、かつ、式〔1〕で表される波長 λ の領域の光を反射する特性を有し、これを特性反射と呼ぶ。

【0020】

【数1】

5

$$P n_2 < \lambda < P n_1$$

n_1 、 n_2 はそれぞれ n_{\parallel} （ダイレクタ方向の屈折率）と n_{\perp} （ダイレクタに垂直な方向の屈折率）のうち、値が大きい方と小さい方であり、 P はねじれのピッチを示す。なお、特性反射の波長領域は十分に狭いため、反射光は着色して見える。

【0021】また、式〔1〕から明らかな様に、特性反射の波長領域はねじれのピッチを変えることにより調節が可能である。ねじれのピッチを変え、特性反射の波長領域を従来のカラーフィルタのR、G、Bに相当する波長領域としたコレステリック液晶層を、例えば、ストライプ状に形成することにより液晶表示装置用のカラーフィルタを作ることができる。

【0022】上記コレステリック液晶層を用いたカラーフィルタは、従来の液晶表示装置用カラーフィルタと比較して、いくつかの利点を持つ。

【0023】図4にコレステリック液晶層の透過スペクトルを示す。波長510nmから590nmにかけて透過率が50%近く低下しており、この波長領域で特性反射を示す。

【0024】この様に、コレステリック液晶層の反射スペクトルは、図12に示した従来の液晶用カラーフィルタの透過スペクトルに比較して、非常に急峻な立上りと立下りを示す。なお、図3にスペクトルの面積がカラーフィルタの透過スペクトルとほぼ等しいコレステリック液晶層の反射スペクトル（実線）を併記する。

【0025】この様にスペクトルの面積を増して表示の明るさを増しても、スペクトルの分布波長領域の増大は、従来のカラーフィルタと比較して少なく、表示色の色純度はそれほど低下しない。

【0026】コレステリック液晶層は特性反射により光*

6

〔1〕

*を反射するため、これを用いたカラーフィルタは反射板を兼ねる。更に、コレステリック液晶層は特性反射により自然光から偏光を作る光アイソレータでもあり、該カラーフィルタは偏光板も兼ねる。なお、特性反射波長の領域外の透過光と、領域内の回転方向がコレステリック液晶層のねじれ方向とは逆の固有偏光とを吸収するためには、コレステリック液晶層の背後に光吸収体層を設ける。

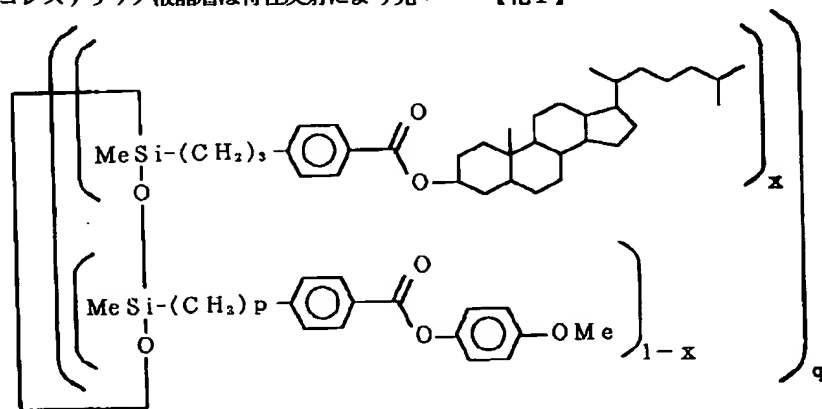
10 【0027】図5に本発明の液晶表示装置の断面図を、図6に従来の透過型カラー液晶表示装置のバックライトを反射板に置き換えた場合の断面図を示す。本発明の液晶表示装置では、カラーフィルタ、反射板および偏光板を一体化し、下側電極24の直下に設けたことにより全体の構成を単純化できる。また、コレステリック液晶層30をカラーフィルタとしたことにより、従来の反射型液晶表示装置で問題になっていた暗表示部の影が出なくなる。

20 【0028】これに対して、従来の反射型液晶表示装置では、反射板50は下側基板22の外側に置かれており、電極24と反射板50の間には下側基板22の厚さ分の距離があった。そのため、斜めから光が入射した場合、反射板50上に暗表示部の影が生じ、暗表画像が2重に見えて視認性を大きく損ねた。

【0029】コレステリック液晶層は、例えば、F. H. KreuzerらがMol. Cryst. Liq. Cryst., 1991, Vol. 199, pp. 345~378に発表している様に、環状ポリシロキサン系高分子液晶を用いることができる。分子構造の1例を化1に示す。

30 【0030】

【化1】



【0031】（但し、 x は0.2~0.5を示し、 p は3または4、 q は4~6の整数を示す）。

【0032】上記液晶高分子は、コレステリン骨格を含む側鎖と、コレステリン骨格を含まない側鎖とを有し、※50

※同文献中の23図に示されている様に、上記側鎖の含有比率を変えることによりねじれのピッチを変え、特性反射の波長領域を可視波長領域から近赤外領域にわたって任意に設定できる。これによりR、G、Bの3色に対応

する波長領域に特性反射を示すコレステリック液晶を得る。

【0033】さらにこれらを印刷等の手段を用いて、例えば、ストライプ状に基板面に形成してCh(1)、Ch(2)、Ch(3)の分布を形成することによりカラーフィルタが得られる。

【0034】ねじれの軸は、例えばT. J. BunningらがLIQUID CRYSTALS, 1991, Vol. 10, No. 4, pp. 445~456に発表している様に、シアストレスを加えた方向の垂直方向を向く。従って、基板上にストライプ状に形成したコレステリック液晶層に、基板面に平行にシアストレスを加えねじれの軸を基板面に対し垂直な方向に向けることができる。

【0035】この他にも、コレステリック液晶には分子内に芳香族基と不斉構造部を有する高分子、例えばポリエステル系高分子やポリアミド系高分子などが適している。

【0036】また、光吸収体には黒色の染料、顔料、これらを混合した樹脂等であってもよい。あるいは、透過型カラー液晶表示装置のブラックマトリクスに用いられているクロム等の金属膜でもよい。

【0037】以上による作用効果を前記(1)~(10)の各手段と対応させて記載すると以下の様になる。

【0038】作用効果1：下側基板の内側にコレステリック液晶層と光吸収体層を備えることにより前記(i)~(ii)の問題を解決し、暗表示部の影も解消される。

【0039】作用効果2：コレステリック液晶層内のCh(1)、Ch(2)、Ch(3)に、層平面に垂直に入射した光に対し、それぞれ400~550nm、450~650nm、550~1000nmの波長領域内に特性反射を示すものを用いることにより、特性反射の波長領域をR、G、Bの表示色に相当する波長領域にすることができる。これにより、光アイソレータ兼反射板に加え、上記のカラーフィルタとして使用できる。

【0040】作用効果3：またコレステリック液晶層のCh(1)、Ch(2)、Ch(3)に、層平面に垂直に入射した光に対して、それぞれ400~600nm、500~1000nm、400~540nmと560~1000nmの波長領域内に特性反射を示すものを用いることにより、特性反射の波長領域をシアン、イエロー、マゼンダの表示色に相当する波長領域にすることができ、光アイソレータ兼反射板に加え、上記のカラーフィルタとして使用できる。

【0041】作用効果4：コレステリック液晶層内の各*

$$S_1 = (E_x^2 - E_y^2) / (E_x^2 + E_y^2) \quad [2]$$

$$S_2 = 2 E_x E_y \cos \delta / (E_x^2 + E_y^2) \quad [3]$$

$$S_3 = 2 E_x E_y \sin \delta / (E_x^2 + E_y^2) \quad [4]$$

また、 S_1 、 S_2 、 S_3 の2乗和は1であるため、任意の偏光状態は S_1 、 S_2 、 S_3 を3軸とする空間の半径1の球(ポアンカレ球と云う)上の座標点として表すことができる。

*領域の分布を表示画素と対応させることにより、表示色の駆動回路による制御が容易になる。

【0042】作用効果5：コレステリック液晶層として複屈折が0.2以上の光学異方性体を用いることにより、特性反射の波長領域が広がる。

【0043】蛍光灯下での使用を想定すると、蛍光灯の発光スペクトルは輝線の集合であり、各輝線の分布波長幅は約50nmである。前記式〔1〕において、例えば、 $n_1 = 1.71$ 、 $n_2 = 1.51$ (複屈折0.2)、 $P = 300nm$ とすると、特性反射波長領域は453~513nmとなり60nmの幅となる。

【0044】また、 $n_1 = 1.73$ 、 $n_2 = 1.51$ (複屈折0.22)、 $P = 320nm$ とすると、特性反射波長領域は483~554nmとなり、71nmの幅となる。

【0045】従って、コレステリック液晶層の複屈折が0.2以上であれば蛍光灯下での使用が可能になる。

【0046】以上により表示が明るく、かつ、表示色の色純度の高い反射型カラー液晶表示装置が得られる。

【0047】駆動用液晶層を透過した光は、一般に偏光分散を付与されるため、コントラスト比を上げるにはSTN-LCDと同様に、位相板を用いて透過光の偏光分散を補償しなければならない。位相板の設定条件の導出方法を以下に述べる。

【0048】コレステリック液晶層における暗表示時の反射率を低減するためには、暗表示時においてコレステリック液晶層30に入射する光の偏光状態を、コレステリック液晶層のねじれ方向と回転方向の異なる楕円偏光にすればよい。この時、コレステリック液晶層に入射した光は全てこれを透過し、その後方に設けた光吸収体層40に吸収される。また、コレステリック液晶層の固有偏光は楕円率が1に近い(円偏光に近い)楕円偏光であるため、ねじれ方向と回転方向の異なる円偏光を入射した場合も暗表示時の反射率を十分低減できる。

【0049】従って、これ以降、暗表示時にコレステリック液晶層に入射する光をそのねじれ方向と回転方向の異なる円偏光にする方法について考察することにする。

【0050】まず初めに、偏光状態を記述するため規格化ストークスパラメータ(S_1 、 S_2 、 S_3)を導入する。

S_1 、 S_2 、 S_3 は任意のX軸方向の電場ベクトルの成分 E_x 、Y軸方向の電場ベクトルの成分 E_y 、 E_x と E_y の位相差 δ を用いて次式〔2〕~〔4〕で定義される。

【0051】

【数2】

【0052】この規格化ストークスパラメータとポアンカレ球表示を用いて、駆動用液晶層による入射光の偏光状態の変換の規則性について述べる。

【0053】STN-LCDの駆動用液晶層はカイラルネマチック層であり、ダイレクタ（液晶分子の配向方向の平均）が、ある軸に対してその方位を連続的に変えるねじれ構造を有する。ねじれの軸方向に対して平行に光が入射した場合の固有偏光は、回転方向が互いに異なる2つの楕円偏光である。その楕円の主軸はダイレクタに対して一方は平行であり、他方は垂直である。

【0054】カイラルネマチック層の2つの固有偏光は、ポアンカレ球上の対心点にほゞ位置し、カイラルネマチック層に入射した光の偏光状態の変換は、ポアンカレ球上の2つの固有偏光を結ぶ直線のまわりの回転として近似的に表される。カイラルネマチック層のダイレク*

$$\Theta = \arccos(a_0 a_1 + b_0 b_1 + c_0 c_1)$$

電子情報通信学会論文誌C-II Vol. J75-C-I
I, No. 3 pp. 149~157に記載されている
方法を用いて、種々の駆動用液晶層について Θ とその波※

表 1

(ツイスト角240°、 $\Delta n d = 0.78$)

	波 長 (nm)				
	450	500	550	600	650
Θ	356°	302°	270°	243°	222°
p	0.270	0.363	0.335	0.304	0.269
q	-0.468	-0.629	-0.580	-0.528	-0.466
r	0.841	0.687	0.742	0.793	0.843
s	0.013	0.416	0.333	0.115	-0.080
t	0.007	0.513	0.763	0.882	0.864
u	-0.999	-0.751	-0.553	-0.458	-0.496

【0058】

【表2】

表 2

(ツイスト角240°、 $\Delta n d = 0.93$)

	波 長 (nm)				
	450	500	550	600	650
Θ	447°	363°	320°	284°	257°
p	0.411	0.384	0.357	0.323	0.293
q	-0.711	-0.665	-0.618	-0.560	-0.508
r	0.571	0.640	0.701	0.763	0.810
s	-0.932	-0.030	0.339	0.356	0.201
t	-0.026	-0.020	0.331	0.641	0.792
u	-0.361	-0.999	-0.868	-0.680	-0.576

【0059】

【表3】

*タはねじれの軸に対して、その方位を連続的に変えるため、2つの固有偏光は、光の進行に伴ってポアンカレ球上を S_3 軸を中心として回転する。従って、カイラルネマチック層による偏光状態の変換はポアンカレ球上の歳差運動として表される。

【0055】2つの固有偏光を結ぶ線のまわりの回転角 Θ は、駆動用液晶層の光入射側にダイレクタと透過軸が45°を成す様に偏光板を置き、駆動用液晶層に入射する光の規格化ストークスパラメータ(a_0, b_0, c_0 : 固有偏光の回転を考慮して座標変換した値)と、出射する光の規格化ストークスパラメータ(a_1, b_1, c_1)を測定し、次式〔5〕に代入することにより求められる。

【0056】

【数3】

〔5〕

※長依存性を求めた結果を表1~表5に示す。

【0057】

【表1】

30★

表 3

(ツイスト角240°、 $\Delta n d = 1.05$)

	波 長 (nm)				
	450	500	550	600	650
Θ	510°	408°	354°	312°	281°
p	0.437	0.392	0.332	0.327	0.300
q	-0.758	-0.678	-0.574	-0.566	-0.520
r	0.484	0.621	0.748	0.757	0.800
s	-0.772	-0.586	0.056	0.340	0.315
t	0.468	-0.152	0.035	0.387	0.632
u	0.430	-0.796	-0.998	-0.857	-0.708

【0060】

40 【表4】

表 4

(ツイスト角260°、 $\Delta n d = 0.81$)

	波 長 (nm)				
	450	500	550	600	650
Θ	455°	427°	347°	315°	291°
p	0.124	0.128	0.103	0.104	0.100
q	-0.703	-0.726	-0.583	-0.590	-0.567
r	0.700	0.676	0.806	0.800	0.817
s	-0.794	-0.722	0.131	0.394	0.477
t	0.413	0.182	0.036	0.213	0.389
u	-0.444	-0.667	-0.991	-0.894	-0.788

【0061】

【表5】

表 5
(ツイスト角 90°、Δnd=0.81)

	波 長 (nm)				
	450	500	550	600	650
Θ	331°	219°	167°	115°	72°
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
q	-0.935	-0.952	-0.858	-0.900	-0.899
r	-0.354	-0.305	-0.513	-0.435	-0.438
s	0.450	0.595	-0.190	-0.817	-0.857
t	-0.041	-0.517	-0.870	-0.556	-0.274
u	-0.892	0.615	0.455	0.151	-0.436

$$p = \cos \psi_0 I \cos \theta_0 I$$

$$q = \cos \psi_0 I \sin \theta_0 I$$

$$r = \sin \psi_0 I$$

ここで、 $\theta_0 I$ は出射側におけるカイラルネマチック層表面の配向処理方向の方位角 $\theta_0 I'$ の2倍の値である。

また、 $\psi_0 I$ は先程の(a_0 、 b_0 、 c_0)、(a_1 、 b_1 、

$$\psi_{0I} = \arctan [[(a_0 - a_1) \cos \theta_{0I} + (b_0 - b_1) \sin \theta_{0I}] / (c_1 - c_0)]$$

..... [9]

種々の駆動用液晶層について、(p 、 q 、 r)とその波長依存性を求めた結果を表1～表5に併記する。また、一例として表2のツイスト角240°、 $\Delta nd = 0.93 \mu m$ の駆動用液晶層について求めた(p 、 q 、 r)をポアンカレ球上にプロットすると図9のようになる。この様に各波長の固有偏光はポアンカレ球上のごく狭い領域に分布している。

【0065】上記の Θ と(p 、 q 、 r)を用いて位相板の設定条件を導出する。駆動用液晶層とコレステリック液晶層のねじれ方向は、いずれも反時計回りと仮定する。この場合、コレステリック液晶層を透過する固有偏★30

$$E' = R_3(-\theta_{0I}) \times R_2(-\psi_{0I}) \times R_1(\Theta) \times R_2(\psi_{0I}) \times R_3(\theta_{0I}) \times E$$

... [10]

なお、 $R_1(\Theta)$ 、 $R_2(\psi)$ 、 $R_3(\theta)$ は、式[11]、[12]、[13]で示される。

$$R_1(\Theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \Theta & -\sin \Theta \\ 0 & \sin \Theta & \cos \Theta \end{pmatrix} \quad [11]$$

$$R_2(\psi) = \begin{pmatrix} \cos \psi & 0 & -\sin \psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \psi & 0 & \cos \psi \end{pmatrix} \quad [12]$$

$$R_3(\theta) = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad [13]$$

【0068】前記式[10]において、 $E' = (0, 0, -1)$ であるため、これより(s 、 t 、 u)が次式[14]～[16]の様に求められる。

*【0062】また、出射側のカイラルネマチック層表面における2つの固有偏光の規格化ストークスパラメータ(p 、 q 、 r)は次式[6]～[8]から得られる。

【0063】

【数4】

10

*

[6]

[7]

[8]

※ c_1)と $\theta_0 I$ より次式[9]により得られる。

【0064】

【数5】

20★光は時計回りの楕円偏光であり、暗表示の透過率を低減するためにはコレステリック液晶層に入射する光の規格化ストークスパラメータを(0、0、-1)とすればよい。駆動用液晶層への入射光Eの規格化ストークスパラメータを(s 、 t 、 u)とおく。ポアンカレ球上でのS₁軸、S₂軸、S₃軸を中心とした回転行列をそれぞれR₁、R₂、R₃とすると、駆動用液晶層を透過した光E'は次式[10]で表される。

【0066】

【数6】

☆【0067】

☆【数7】

◆【0069】

【数8】

◆50

13

$$s = (1 - \cos\Theta) r p - q \sin\Theta$$

$$t = (1 - \cos\Theta) r q + p \sin\Theta$$

$$u = r^2 + (1 - r^2) \cos\Theta$$

種々の駆動用液晶層について (s, t, u) とその波長依存性を求めた結果を表1～表5に併記する。

【0070】また、一例としてツイスト角 240° 、 $\Delta n d = 0.93 \mu m$ の駆動用液晶層について求めた (s, t, u) を、ボアンカレ球上にプロットすると図10のようになる。図10から分かる様に、各波長の (s, t, u) はボアンカレ球上に円弧状(図中破線で示す)に分布する。これは、図9に示した様に各波長の固有偏光がボアンカレ球上のごく狭い領域に分布しており、各波長の透過光の回転の中心がほぼ一定であることによる。

【0071】次に、この様な波長分散を与える位相板の*

$$\theta_1 = \theta_{01}$$

$$\theta_2 = \theta_{01} + 90^\circ$$

$$\theta_p = \theta_{01} \pm \psi_{01}$$

θ_1 、 θ_2 、 θ_p を式〔17〕～〔19〕の様に設定する理由を図10、図11で説明する。

【0074】 $\theta_p = \theta_{01} \pm \psi_{01}$ 、 $\theta_1 = \theta_{01}$ とし、偏光板と位相板1を透過した各波長の光R、G、Bをボアンカレ球上における方位角が θ_{01} で、かつ、ボアンカレ球の赤道を通る直線Aを中心とした円上に分布させる〔図10(a)〕。図は S_3 軸方向から見たボアンカレ球であるため、R、G、Bは点BEとBE' (方位角が $\theta_p = \theta_{01} \pm \psi_{01}$ で赤道面内に含まれる直線B、直線B'とボアンカレ球の赤道との交点)を通り、直線Aに垂直な直線上に分布している。この時、直線Aの周りの回転角が Θ となる様に位相板1の $\Delta n d_1$ (厚さ×複屈折)を設定する〔図10(b)〕。図は直線Aの方向から見たボアンカレ球表面であり、円は点BEまたはBE' から位相板1に入射した直線偏光が位相板1の光学異方性によりボアンカレ球上を移動する経路である。また、図10 ※

$$\Delta n d_1 = (360^\circ n - \Theta + 540^\circ \pm 90^\circ) \lambda / 360^\circ \dots [20]$$

ただし、式〔20〕中で入射光が点BEの場合 90° の符号は+であり、入射光が点BE'の場合-である。

【0077】表1～5の駆動用液晶層について、 $\Delta n d_1$ とその波長依存性を求めた結果を表6～10に示す。★

14

14

〔14〕

〔15〕

〔16〕

*設定条件を求める。位相板による偏光状態の変換はボアンカレ球の赤道上に位置する1対の対心点の周りの回転として表されるが、これを利用すれば以下に述べる様に2枚の位相板を用いて図10に近い偏光状態の波長分散を作ることができる。

【0072】2枚の位相板の内、駆動用液晶層に近接する方を位相板2、もう一方を位相板1とし、 θ_1 、 θ_2 、 θ_p をそれぞれボアンカレ球上における位相板1の遅相軸、位相板2の遅相軸、偏光板の透過軸の方位角とすると、 θ_1 、 θ_2 、 θ_p を次式の様に設定する。

【0073】

【数9】

〔17〕

〔18〕

〔19〕

※(b)中の(s, t, u)'と(0, 0, -1)'は、それぞれ位相板2透過後に(s, t, u)、(0, 0, -1)に移動する点である。

【0075】図10(b)より、入射光が点BEから位相板1に入射する場合、直線Aの周りの回転角が $630^\circ - \Theta$ であれば(s, t, u)'に到達する。また、直線Aの周りをn周余計に回ってから(s, t, u)'に到達してもよい。この時の回転角は $360n^\circ + 630^\circ - \Theta$ である。入射光が点BE'から位相板1に入射する場合、同様にして回転角は $360n^\circ + 450^\circ - \Theta$ である。以上より、位相板1の波長 λ における $\Delta n d_1(\lambda)$ は、透過光の波長を λ とすると次式〔20〕の様に定めればよい。

【0076】

【数10】

★なお、表6～10に括弧付で示した数字は波長 $550nm$ で規格化した $\Delta n d_1$ の値である。

【0078】

【表6】

表6

(ツイスト角 240° 、 $\Delta n d = 0.78$)

		$\Delta n d_1 (nm)$			
(26)式の中の複号		+	+	-	-
(26)式の中のn		0	1	0	1
波長(nm)	450	558(1.01)	1008(0.92)	333(1.21)	783(0.95)
	500	544(0.99)	1044(0.95)	294(1.07)	794(0.96)
	550	550(1.00)	1100(1.00)	275(1.00)	825(1.00)
	600	555(1.01)	1155(1.05)	255(0.93)	855(1.04)
	650	563(1.02)	1213(1.10)	238(0.87)	888(1.08)

【0079】

☆ ☆【表7】

表 7
(ツイスト角240°、 $\Delta n_d=0.93$)

		Δn_d (nm)			
(26)式中の複号		+	+	-	-
(26)式中のn		0	1	0	1
波長(nm)	450	671(1.07)	1121(0.95)	446(1.27)	896(0.96)
	500	629(1.00)	1129(0.96)	379(1.08)	879(0.96)
	550	626(1.00)	1176(1.00)	351(1.00)	901(1.00)
	600	623(1.00)	1223(1.04)	323(0.92)	923(1.02)
	650	623(1.00)	1276(1.09)	301(0.86)	951(1.06)

【0080】

10【表8】

表 8
(ツイスト角240°、 $\Delta n_d=1.05$)

		Δn_d (nm)			
(26)式中の複号		+	+	-	-
(26)式中のn		0	1	0	1
波長(nm)	450	750(1.11)	1200(0.98)	525(1.30)	975(1.02)
	500	692(1.02)	1192(0.97)	442(1.10)	942(0.99)
	550	678(1.00)	1228(1.00)	403(1.00)	953(1.00)
	600	670(0.99)	1270(1.03)	370(0.92)	970(1.02)
	650	670(0.99)	1320(1.07)	345(0.85)	995(1.04)

【0081】

※ ※【表9】

表 9
(ツイスト角260°、 $\Delta n_d=0.81$)

		Δn_d (nm)			
(26)式中の複号		+	+	-	-
(26)式中のn		0	1	0	1
波長(nm)	450	671(1.07)	1121(0.95)	446(1.27)	896(0.99)
	500	625(1.00)	1129(0.96)	379(1.08)	879(0.98)
	550	626(1.00)	1176(1.00)	351(1.00)	901(1.00)
	600	623(1.00)	1223(1.04)	323(0.92)	923(1.02)
	650	627(1.00)	1276(1.09)	302(0.86)	951(1.06)

【0082】

★ ★【表10】

表 10
(ツイスト角 90°、 $\Delta n_d=0.81$)

		Δn_d (nm)			
(26)式中の複号		+	+	-	-
(26)式中のn		0	1	1	2
波長(nm)	450	526(1.04)	976(1.04)	751(1.12)	1201(0.99)
	500	429(1.09)	929(0.99)	679(1.02)	1179(0.97)
	550	392(1.00)	942(1.00)	668(1.00)	1217(1.00)
	600	342(0.87)	941(1.00)	641(0.96)	1241(1.02)
	650	293(0.75)	942(1.00)	617(0.92)	1267(1.04)

【0083】次に、 $\theta_2 = \theta_0 I + 90^\circ$ とし、位相板1を透過した各波長の光R、G、Bを固有偏光が位置するポアンカレ球の南半球 (S_3 の符号が負である領域) に移動させる〔図11(a)〕。

【0084】この時、R、G、Bは S_3 軸方向から見たポアンカレ球で、方位角が $\theta_{0I} + 90^\circ$ である直線Cに対して垂直な方向(即ち、直線Aに平行な方向)に移動する。図10に一例を示した各波長の(s、t、u) ☆

$$\Delta n_d = \psi_{0I} \lambda / 360^\circ$$

式〔21〕中の ψ_{0I} には波長依存性があるため、全ての可視波長領域で式〔21〕を満足する様に Δn_d を定めることはできない。そこで、視感度が最大になる波長550nmにおいて式を満足する様に Δn_d を定めれ ◆50

☆は、仰角が ψ_{0I} である固有偏光の周りに分布しているの
で、直線Cの周りの回転角を ψ_{0I} とすることにより、位
相板2を透過した各波長の光を(s、t、u)の分布に
近づけることができる〔図11(b)〕。

【0085】位相板2のリタレーション Δn_d は次式〔21〕の様に定めればよい。

【0086】

【数11】

〔21〕

◆ばよい。

【0087】表1～5の駆動用液晶層について、波長50nmの透過光の ψ_{0I} を式〔21〕に代入して求めた Δn_d を表11に示す。

【0088】

【表11】

表 11

駆動用液晶層の特性		ψ_{01}	$\Delta n d_2$ (nm)
ツイスト角	$\Delta n d$ (μm)		
240°	0.78	47.9°	75
240°	0.93	44.5°	68
240°	1.05	48.5°	74
260°	0.81	53.7°	82
90°	0.81	-30.9°	47

【0089】 ψ_{01} はその定義から0°～90°以下の値を取るが、STN-LCDやTN-LCDに用いられているツイステッドネマチック液晶層の場合には、 ψ_{01} は20°～70°以下の範囲にある。可視波長領域を400nm～700nmとして、式〔21〕から $\Delta n d_2$ の範囲を求めると、25～140nmとなる。

【0090】偏光板の透過軸方位角も ψ_{01} によって決まる。式〔21〕より、偏光板の透過軸は S_3 軸方向から見たボアンカレ球上において、上側基板の配向処理方向に対して20°～70°の範囲の角度をなせばよい。実空間における角度はボアンカレ球上の角度の1/2であるため、偏光板の透過軸と上側基板の配向処理方向がなす角度は10°～35°とすればよい。

【0091】作用効果6：上側基板の外側に、基板側より順に位相板、偏光板を積層することにより、暗表示時の透過率が低減し、コントラスト比が増大する。また、R、G、B各画素あるいはシアン、イエロー、マゼンダの各画素が暗表示となる電圧も一定になる。

$$s = (1 - \cos \Theta) r p + q \sin \Theta$$

$$t = (1 - \cos \Theta) r q - p \sin \Theta$$

$$u = r^2 + (1 - r^2) \cos \Theta$$

また、位相板としては、現在、ポリビニルアルコール、ポリカーボネート等が用いられているが、この他にポリエーテルスルホン、セルロース、アクリル系高分子膜等を用いてもよい。

【0098】カラー表示には赤、青、緑の3色を用いるものと、イエロー、シアン、マゼンダの3色を用いるものがある。前者は色純度と表示色の鮮明さで後者に勝り、後者は表示の明るさで前者に勝る。反射型表示装置では表示の明るさが重要であるので、イエロー、シアン、マゼンダを用いたカラー表示も有効である。これを実現するためには、例えば、マゼンダに対応するカラーフィルタは赤と青の波長領域に特性反射を示すコレステリック液晶が必要になる。

【0099】現在、コレステリック液晶で、単層で2つの波長領域に特性反射を示すものはまだ見出されていない。従って、赤と青の波長領域にそれぞれ特性反射を示すコレステリック液晶層を2層重ねて用いれば、マゼンダに対応する表示色を得ることができる。

【0100】また、同様に、単層で100nm以上の波※50

*【0092】作用効果7：2枚の位相板を用い、位相板2の遅相軸を上基板の配向処理方向に対して平行に、位相板1の遅相軸が上基板の配向処理方向に対して45°となる様に置くことにより、各波長の光は暗表示時にコレステリック液晶層を透過して光吸収体層により吸収され、暗表示時の透過率が低減し、コントラスト比が増大する。

【0093】作用効果8：位相板2のリタデーションを25～140nmとすることにより、各波長の光は暗表示時にコレステリック液晶層を透過して光吸収体層により吸収され、暗表示時の透過率が低減し、コントラスト比が増大する。

【0094】作用効果9：偏光板の透過軸と上基板の配向処理方向がなす角を10°～35°とすることにより、各波長の光は暗表示時にコレステリック液晶層を透過して光吸収体層により吸収され、暗表示時の透過率が低減し、コントラスト比が増大する。

【0095】作用効果10：位相板1のリタデーションを300～1000nmとすることにより、各波長の光は暗表示時にコレステリック液晶層を透過して光吸収体層により吸収され、暗表示時の透過率が低減し、コントラスト比が増大する。

【0096】上記においては、コレステリック液晶層のねじれ方向を反時計回りとしたが、時計回りであってもかまわない。その場合は、 $E' = (0, 0, 1)$ となり、 (s, t, u) は次式〔22〕～〔24〕で求められる。

【0097】

【数12】

$$[22]$$

$$[23]$$

$$[24]$$

※長領域に特性反射を示すものは見出されていない。従って、赤、青、緑の3色を用いてカラー表示を行なう場合、特性反射の波長領域が異なるコレステリック液晶層を複数重ねて用いれば、表示の明るさを増大することができる。なお、高複屈折のコレステリック液晶層を用いることにより積層数を低減できる。

【0101】前記の位相板、偏光板の設定法は、カラーフィルタとしてコレステリック液晶層を用いた場合に限らず、可視波長領域に特性反射を示し、反射板兼偏光板となるコレステリック液晶層を用いる場合にも有効である。

【0102】また、本発明はXY電極を用いた液晶表示装置だけではなく、例えばTFT方式、MIM方式を駆動手段に用いた液晶表示装置にも用いることができ、各種OA機器、電気機器、音響機器、電話器、ファクシミリ、カメラ、時計等の表示パネルや操作パネルの表示装置として有効である。

【0103】

【実施例】本発明の液晶表示装置を実施例により説明す

る。

【0104】〔実施例1〕図1に本発明の液晶表示装置の構成を示す。上下の基板12, 22はXY電極14, 24と配向膜11, 21を備え、液晶層10を挟持している。下基板22はコレステリック液晶層30を備えている。XY電極14, 24は、駆動回路15, 25にそれぞれ接続されている。下基板の下方には光吸収体層40がある。

【0105】上下基板12, 22はガラス製で、XY電極14, 24はITOからなる。また、配向膜11, 21はポリイミド系高分子からなり、ラビング法で配向処理されている。配向処理条件は、切り込み量0.4mm、回転数1000rpm、送り速度33m/sとし、これによりチルト角を4°とし、上下基板のツイスト角は240°とした。

【0106】駆動用の液晶層10は、ネマチック液晶（ロディック社製のHR9032、 Δn は0.125）とカイラル剤（メルク社製のS811、含有量は0.9重量%）とからなり、層厚は6.2 μ mである。

【0107】コレステリック液晶層30は環状ポリシロキサン高分子からなり、その分子構造は前記化1に示す。環状ポリシロキサン高分子はMol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 199, pp. 345~378に記載されている条件で合成した。

【0108】コレステリン骨格を含む側鎖の含有率を(a)47%、(b)37%、(c)32%、(d)28%、(e)26%、(f)24%、(g)22%、(h)18%、(i)16%、(j)14%とし、特性反射の波長領域がそれぞれ(a)400nm~470nm、(b)420nm~500nm、(c)440nm~530nm、(d)460nm~550nm、(e)490nm~580nm、(f)510nm~600nm、(g)530nm~620nm、(h)550nm~650nm、(i)570nm~680nm、(j)600nm~710nmであるコレステリック液晶を用いた。コレステリック液晶層30内には、特性反射波長領域が互いに異なる領域Ch(1)、Ch(2)をストライプ状に分布、形成させた。Ch(1)には(a)と(c)と(f)の積層体、Ch(2)には(i)と(j)の積層体を用いた。

【0109】まず初めに(a)と(i)のコレステリック液晶を液晶状態を取るよう加熱した状態にて、印刷法を用いて基板上にストライプ状に塗布した。この時各コレステリック液晶は図2(a)の様に互いに接しておらず、基板上に山状に盛り上がっている。次いでローラを用いて基板平面方向にシェアストレスを加え、図2(b)の様に各コレステリック液晶を平坦にし、互いに隣接するものが接する様にした。さらに、図2(c)の様に(a)と(i)の上にそれぞれ(c)と(j)を塗布し、同様にして平坦化した。なお、(c)の上には

(f)を塗布し、平坦化した。この時図2(d)の様に段差が生じるため、その上に平坦化層を塗布し、図2(e)の様に段差を無くし、ストライプ状に形成した。

【0110】上記コレステリック液晶層は、ねじれの軸を基板面に対し垂直にした。ストライプ方向と平行で、1つのストライプに1本の電極が対応する様にXY電極を形成した。以上の様にして波長400nm~600nm、570nm~710nmに特性反射を示す、シアン、Rの2色に対応するカラーフィルタを作成した。該フィルタを用い、反射型カラー液晶表示装置を作製することができた。

【0111】〔実施例2〕実施例1の液晶表示装置において、コレステリック液晶層内に特性反射波長領域が互いに異なる領域Ch(1)、Ch(2)、Ch(3)をストライプ状に分布、形成した。

【0112】Ch(1)は、(i)と(j)の積層体、Ch(2)は(f)、Ch(3)は(a)と(c)の積層体とそれぞれ形成し、波長570nm~710nm、510nm~600nm、400nm~530nmに特性反射を示す、R、G、B3色に対応するカラーフィルタを作成した。該フィルタを用い、反射型フルカラー液晶表示装置を作製することができた。

【0113】〔実施例3〕実施例2の液晶表示装置において、Ch(1)を(a)、(c)、(f)の積層体、Ch(2)を(f)、(j)の積層体、Ch(3)を(a)、(b)、(i)の積層体を用い、波長400nm~600nm、510nm~710nm、400nm~530nmと570nm~680nmに特性反射を示す、シアン、イエロー、マゼンダからなるカラーフィルタを作成した。該フィルタを用い、反射型フルカラー液晶表示装置を作製することができた。

【0114】〔実施例4〕実施例2の液晶表示装置に、位相板1と位相板2を加えた。

【0115】表11より、位相板2の波長550nmにおけるリタデーションを75nmとした。また、表6の中では式〔20〕中の複号を一、nを0とした場合の $\Delta n d_1$ の波長依存性がポリカーボネートのそれに近い。そこで位相板1にはポリカーボネートを用い、波長550nmにおけるリタデーションを275nmとした。

【0116】また、位相板1の遅相軸角度は上基板12の配向処理方向に平行にし、位相板1の遅相軸角度は上基板12の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約48°をなす様に設定した。

【0117】この液晶表示装置の反射率の駆動電圧依存性を測定したところ、R、G、Bのいずれの表示色も2.1V付近で反射率が極小となり、明表示の反射率はRが14%、Gが10%、Bが14%であった。コントラスト比は1/240デューティ駆動においてRが7:1、Gが8:1、Bが5:1であった。

21

【0118】以上の様に位相板1と位相板2を加えることにより、いずれの表示色もほぼ同じ印加電圧値において反射率が極小となり、カラー表示に加えて暗表示が可能になった。

【0119】〔実施例5〕実施例3の液晶表示装置に、位相板1と位相板2を加えた。位相板1にはポリカーボネートを用い、波長550nmにおけるリタデーションを275nmとした。また、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向に平行にし、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約48°をなす様に設定した。

【0120】この液晶表示装置の反射率の駆動電圧依存性を測定したところ、シアン、イエロー、マゼンダのいずれも2.1V付近で反射率が極小となり、明表示の反射率はシアンが14%、イエローが10%、マゼンダが14%であった。コントラスト比は1/240デューティ駆動においてシアンが6:1、イエローが7:1、マゼンダが5:1であった。

【0121】以上の様に位相板1と位相板2を加えることによりいずれの表示色もほぼ同じ印加電圧値において反射率が極小となり、カラー表示に加えて暗表示が可能になった。

【0122】〔実施例6〕実施例4の液晶表示装置において、液晶材料として Δn が0.15であるメルク社製のMJ89122を用いた。表11より、位相板2の波長550nmにおけるリタデーションを68nmとした。また、表7の中では式〔20〕中の複号を-、 n を0とした場合の Δn_{d1} の波長依存性がポリカーボネートのそれに近い。そこで、位相板1にはポリカーボネートを用い、波長550nmにおけるリタデーションを351nmとした。

【0123】また、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向に平行にし、位相板2の遅相軸角度は上基板の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約45°をなす様に設定した。

【0124】R、G、Bのいずれの表示領域も2.1V付近で反射率が極小となり、コントラスト比は1/240デューティ駆動においてRが8:1、Gが9:1、Bが6:1であった。

【0125】以上の様に位相板1と位相板2を加えることにより、いずれの表示色もほぼ同じ印加電圧値において反射率が極小となり、カラー表示に加えて暗表示が可能になった。

【0126】〔実施例7〕実施例4の液晶表示装置において、液晶材料に Δn が0.17であるロディック社製のHR0008を用いた。

【0127】表11より、位相板2の波長550nmにおけるリタデーションを68nmとした。また、表8の

22

中では式〔20〕中の複号を+、 n を0とした場合の Δn_{d1} の波長依存性がポリビニルアルコールのそれに近い。そこで位相板1にはポリビニルアルコールを用い、波長550nmにおけるリタデーションを678nmとした。また、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向に平行にし、位相板2の遅相軸角度は上基板の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約49°をなす様に設定した。

10 【0128】R、G、Bのいずれの表示領域も2.2V付近で反射率が極小となり、コントラスト比は1/240デューティ駆動においてRが8:1、Gが10:1、Bが10:1であった。

【0129】以上の様に位相板1と位相板2を加えることによりいずれの表示色もほぼ同じ印加電圧値において反射率が極小となり、カラー表示に加えて暗表示が可能になった。

20 【0130】〔実施例8〕実施例4の液晶表示装置において、液晶材料に Δn が0.13であるロディック社製のHR0001を用いた。ツイスト角を260°とし、カイラル剤を1.0重量%含有させた。

【0131】表11より、位相板2の波長550nmにおけるリタデーションを82nmとした。また、表9の中では式〔20〕中の複号を+、 n を0とした場合の Δn_{d1} の波長依存性がポリビニルアルコールのそれに近い。そこで位相板1にはポリビニルアルコールを用い、波長550nmにおけるリタデーションを626nmとした。また、位相板2の遅相軸角度は上基板の配向処理方向に平行にし、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約54°をなす様に設定した。

30 【0132】R、G、Bのいずれの表示領域も2.1V付近で反射率が極小となり、コントラスト比は1/240デューティ駆動においてRが10:1、Gが13:1、Bが12:1であった。

【0133】以上の様に位相板1と位相板2を加えることによりいずれの表示色もほぼ同じ印加電圧値において反射率が極小となり、カラー表示に加えて暗表示が可能になった。なお、本実施例の液晶表示装置を携帯型情報端末機の搭載例を図7に示す。

【0134】〔実施例9〕実施例4の液晶表示装置において、液晶材料に Δn が0.13であるロディック社製のHR0001を用いた。ツイスト角を90°とし、カイラル剤を0.4重量%含有させた。また、実施例1のXY電極14、24の代わりに薄膜トランジスタ(TFT)を備えた基板を用い、駆動回路15、25もTFT駆動用とした。

50 【0135】表11より、位相板2の波長550nmにおけるリタデーションを47nmとした。また、表10

23

の中では式(20)中の複号を一、 n を1とした場合の $\Delta n d_1$ の波長依存性がポリカーボネートのそれに近い。そこで位相板1にはポリカーボネートを用い、波長550nmにおけるリタデーションを668nmとした。また、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向に平行にし、位相板2の遅相軸角度は上基板の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約31°をなす様に設定した。

【0136】R、G、Bのいずれの表示領域も2.1V付近で反射率が極小となり、コントラスト比はRが20:1、Gが32:1、Bが22:1であった。以上の様に、TFT方式においても反射型カラー表示が可能である。

【0137】〔実施例10〕実施例5の液晶表示装置において、液晶材料に Δn が0.13であるロディック社製HR0001を用いた。ツイスト角を90°とし、カイラル剤を0.4重量%含有させた。また、実施例1のXY電極の代わりにTFTを備えた基板を用い、駆動回路もTFT駆動用とした。

【0138】表11より、位相板2の波長550nmにおけるリタデーションを47nmとした。また、表10の中では式(20)中の複号を一、 n を1とした場合の $\Delta n d_1$ の波長依存性がポリカーボネートのそれに近い。そこで位相板1にはポリカーボネートを用い、波長550nmにおけるリタデーションを668nmとした。また、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向に平行にし、位相板2の遅相軸角度は上基板の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約31°をなす様に設定した。

【0139】イエロー、シアン、マゼンダのいずれの表示領域も2.1V付近で反射率が極小となり、コントラスト比はイエローが18:1、シアンが18:1、マゼンダが22:1であった。

【0140】〔実施例11〕実施例1の液晶表示装置に、位相板1と位相板2を加えた。

【0141】表11より、位相板2の波長550nmにおけるリタデーションを75nmとした。また、表6の中では式(20)中の複号を一、 n を0とした場合の $\Delta n d_1$ の波長依存性がポリカーボネートのそれに近い。そこで位相板1にはポリカーボネートを用い、波長550nmにおけるリタデーションを275nmとした。

【0142】また、位相板1の遅相軸角度は上基板の配向処理方向に平行にし、位相板2の遅相軸角度は上基板の配向処理方向と45°をなす様に設定した。また、偏光板の透過軸角度は表11より上基板の配向処理方向と約48°をなす様に設定した。

【0143】この液晶表示装置の反射率の駆動電圧依存性を測定したところ、シアン、Rのいずれの表示色も

24

2.1V付近で反射率が極小となり、明表示の反射率はシアンが25%、Rが14%であった。コントラスト比は1/240デューティ駆動においてシアンが6:1、Rが7:1であった。

【0144】以上の様に位相板1と位相板2を加えることによりいずれの表示色もほぼ同じ印加電圧値において反射率が極小となり、暗表示が可能になった。これにより、例えば白の背景色と黒の文字の間に赤でアンダーラインを引く等の表示が可能になった。

【0145】〔実施例12〕図13に示す様な、パターン表示部とマトリクス表示部から構成され、日本の主要都市名とその位置を表示する液晶表示装置を作成した。パターン表示部には日本地図と主要都市が表示されており、このうち主要都市の位置は円形の電極とこれに対応する円形のRフィルタを用いて表示し、上側電極、下側電極の形状をそれぞれ図14(a)、(b)に、カラーフィルタの形状を図15に示す。図15の斜線部分はRのカラーフィルタ151であり、実施例1中の(f)、(i)のコレステリック液晶層の積層体を用いた。それ以外の部分は白表示部152であり、実施例1中の(a)、(d)、(h)のコレステリック液晶層の積層体を用いた。パターン表示部の電極形状とカラーフィルタ形状以外は実施例11と同様にした。選択された都市は赤で表示され、選択されない都市の位置は黒で表示されるようにした。

【0146】この様にXY電極以外の形状の電極を備えた液晶表示装置にも本発明は有効である。

【0147】〔比較例〕実施例1の液晶表示装置において、コレステリック液晶層30を従来の顔料を用いたカラーフィルタに置き換えた。その透過スペクトルを図12に示す。更に光吸収体層40を1/4波長板と偏光板と反射板に変えた。明表示の反射率はそれぞれRが10%、Gが8%、Bが8%と低い。

【0148】この様に、従来の顔料を用いたカラーフィルタと2枚の偏光板を用いた反射型カラー液晶表示装置は、本発明の表示装置に比べて、表示の明るさの低下が大きいことが分かる。

【0149】

【発明の効果】以上により、本発明によれば、従来の反射型液晶表示装置よりも明るい表示の反射型液晶表示装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の液晶表示装置の構成を示す模式斜視図である。

【図2】実施例1の液晶表示装置のカラーフィルタの作成工程図である。

【図3】コレステリック液晶層の反射スペクトルと従来の染料を用いたカラーフィルタの透過スペクトルのそれぞれの強度の最大値を規格化して示すスペクトル図である。

【図4】コレステリック液晶層の透過スペクトル図である。

【図5】本発明の液晶表示装置の構成を示す模式断面図である。

【図6】従来の液晶表示装置の構成を示す模式断面図である。

【図7】本発明の携帯型情報端末機への搭載例を示す図である。

【図8】 S_3 軸方向から見たポアンカレ球上における本発明の液晶表示装置の駆動用液晶層の固有偏光を示す図である。

【図9】 S_3 軸方向から見たポアンカレ球上における本発明の液晶表示装置の入射透過光に望ましい偏光分散状態を示す図である。

【図10】(a)は S_3 軸方向から見たポアンカレ球であり、位相板1の遅相軸と偏光板の透過軸の方位角の設定法を示す図であり、(b)は(a)中の直線Aの方向から見たポアンカレ球表面であり、位相板1のリタレーションの設定法を示す図である。

【図11】(a)は S_3 軸方向から見たポアンカレ球であり、位相板2の遅相軸の設定法を示す図であり、(b)はポアンカレ球であり、位相板2のリタレーションの設定法を示す図である。

【図12】従来のカラーフィルタの透過スペクトル図である。

【図13】実施例12の液晶表示装置の表示パターンの一例を示す図である。

【図14】実施例12の液晶表示装置の上下の電極形状を示す図である。

【図15】実施例12の液晶表示装置のカラーフィルタ

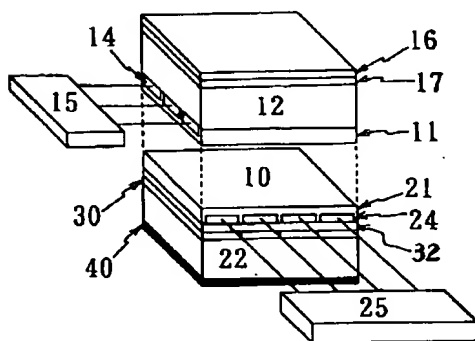
の分布図である。

【符号の説明】

10…液晶層、11, 21…配向膜、12…上基板、14, 24…電極、15, 25…駆動部、16…上偏光板、17…位相板、22…下基板、26…下偏光板、30…コレステリック液晶層、31…従来のカラーフィルタ、32…平坦化層、40…光吸収体層、50…反射板、71…表示部、72…操作部、73…アンテナ、450…波長450nmの透過光、500…波長500nmの透過光、550…波長550nmの透過光、600…波長600nmの透過光、650…波長650nmの透過光、 θ_{0I} …ポアンカレ球上での固有偏光の座標を表す方位角、 ϕ_{0I} …ポアンカレ球上での座標を表す仰角、R…波長650nmの透過光、G…波長550nmの透過光、B…波長450nmの透過光、A…位相板1の遅相軸方位、C…位相板2の遅相軸方位、BE, BE'…偏光板透過軸方位、 Θ …駆動用液晶層の固有偏光の周りの透過光の回転角、R…従来の赤表示のカラーフィルタの透過スペクトル、G…従来の緑表示のカラーフィルタの透過スペクトル、B…従来の青表示のカラーフィルタの透過スペクトル、131…パターン表示部、132…マトリクス表示部、133…選択された都市の位置を示す赤表示、134…選択されない都市の位置を示す黒表示、151…R表示のカラーフィルタ、152…白表示のカラーフィルタ、160…基板、161…コレステリック液晶(a)、162…コレステリック液晶(i)、163…コレステリック液晶(c)、164…コレステリック液晶(j)、165…コレステリック液晶(f)、166…平坦化層。

【図1】

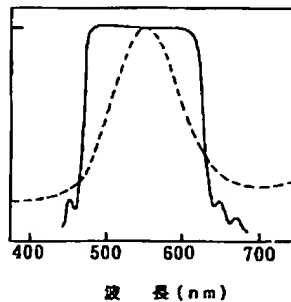
図 1



10…液晶層 11, 21…配向膜 12…上基板
14, 24…電極 15, 25…駆動部 16…上偏光板
17…位相板 22…下基板 26…下偏光板
30…コレステリック液晶層 31…従来のカラーフィルタ
32…平坦化層 40…光吸収体層

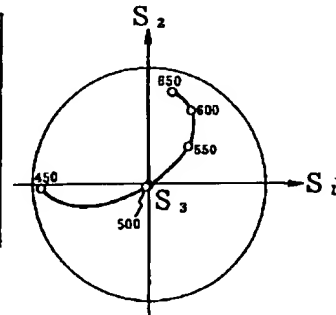
【図3】

図 3

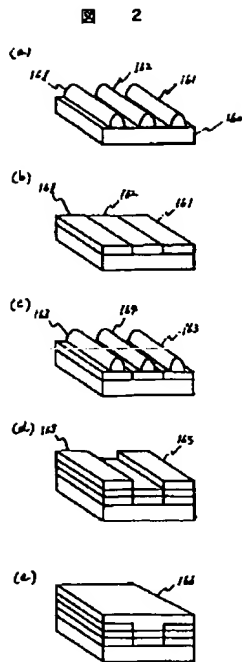


【図9】

図 9

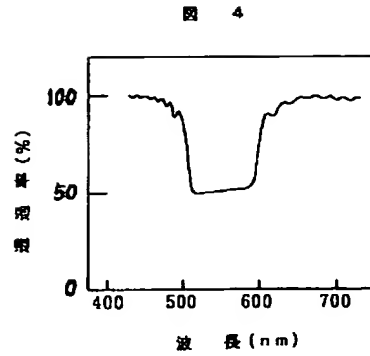


【図2】

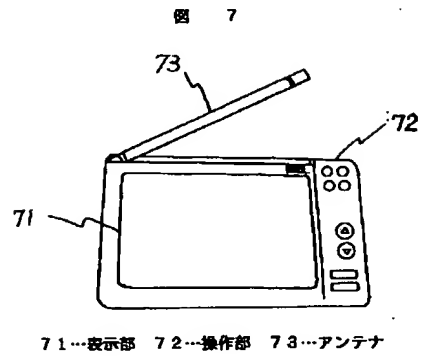


160…基板
161…コレステリック液晶 (a)
162…コレステリック液晶 (b)
163…コレステリック液晶 (c)
164…コレステリック液晶 (d)
165…コレステリック液晶 (e)
166…平坦化層

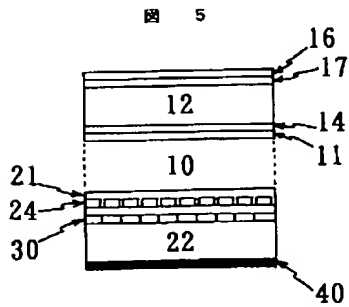
【図4】



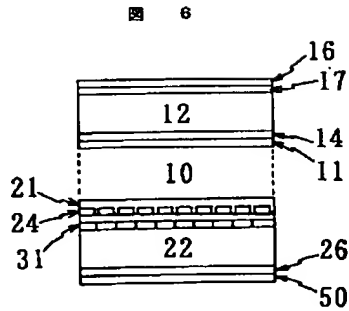
【図7】



【図5】

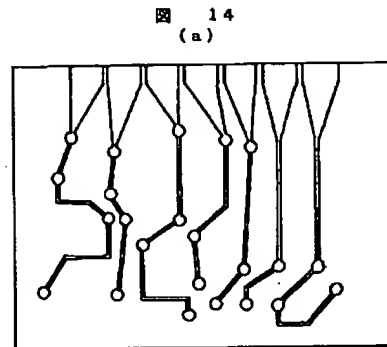


【図6】

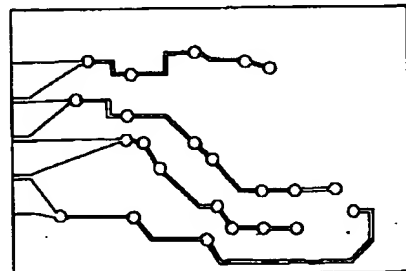


50…反射板

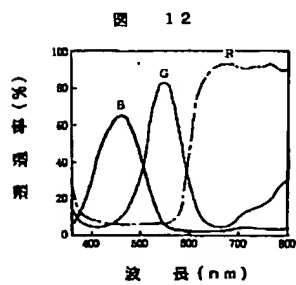
【図14】



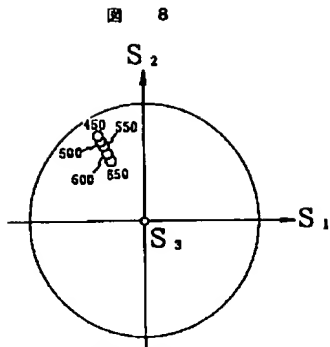
(b)



【図12】

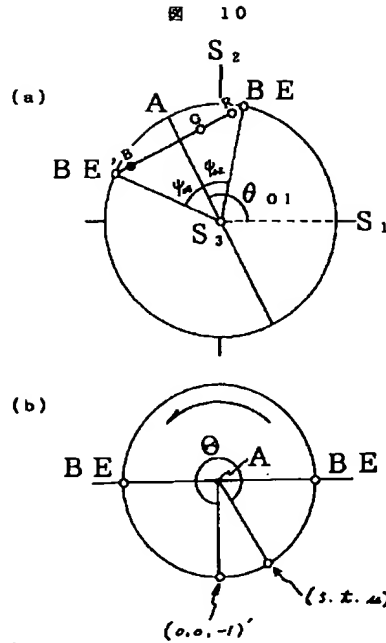


【図8】



450…波長450nmの透過光 500…波長500nmの透過光
550…波長550nmの透過光 600…波長600nmの透過光
650…波長650nmの透過光

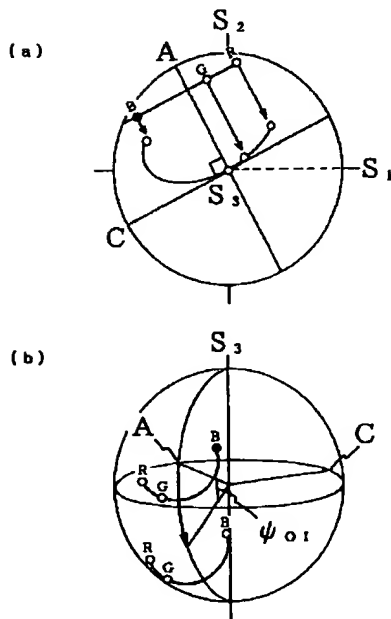
【図10】



θ_{01} …ポアンカレ球上の固有偏光の座標を表す方位角
 ϕ_{01} …ポアンカレ球上の座標を表す仰角 R…波長650nmの透過光
G…波長550nmの透過光 B…波長450nmの透過光
A…位相板1の遅相軸方位 BE, BE'…偏光板透過軸方位
 θ …駆動用液晶層の固有偏光の周りの透過光の回転角

【図11】

図 11



C…位相板2の遅相軸方位

【図13】

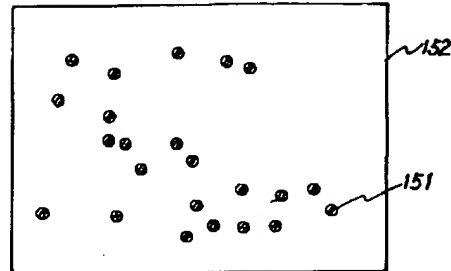
図 13



131…パターン表示部 132…マトリクス表示部
133…選択された都市の位置を示す点表示
134…選択されない都市の位置を示す黒表示

【図15】

図 15



151...R表示のカラーフィルタ 152...白表示のカラーフィルタ